

UbiComp – Teil 7: Netzwerktechnik und industrielle Kommunikation IV

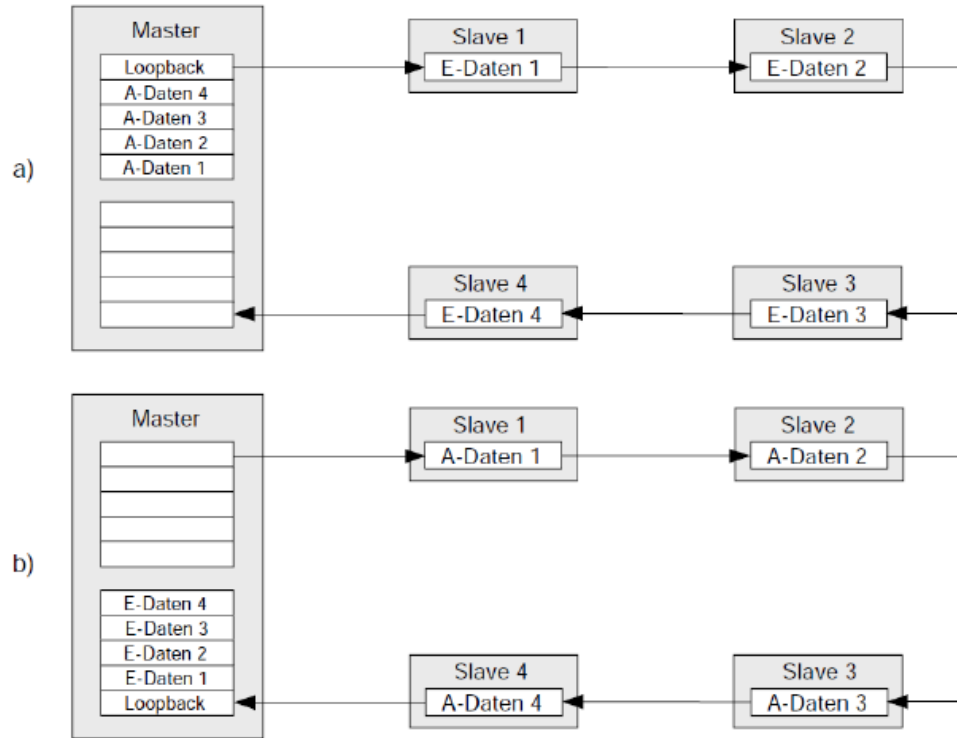
Prof. Dr.-Ing. Dorothea Schwung

Lernziele Teil 7

1. Sie verstehen das Konzept des Summenrahmenverfahrens.
2. Sie können das (slotted) ALOHA Verfahren erklären.
3. Sie kennen die Unterschiede zwischen CSMA/CD und CSMA/CA.
4. Sie kennen typische Vertreter zufälliger Buszugriffsverfahren.

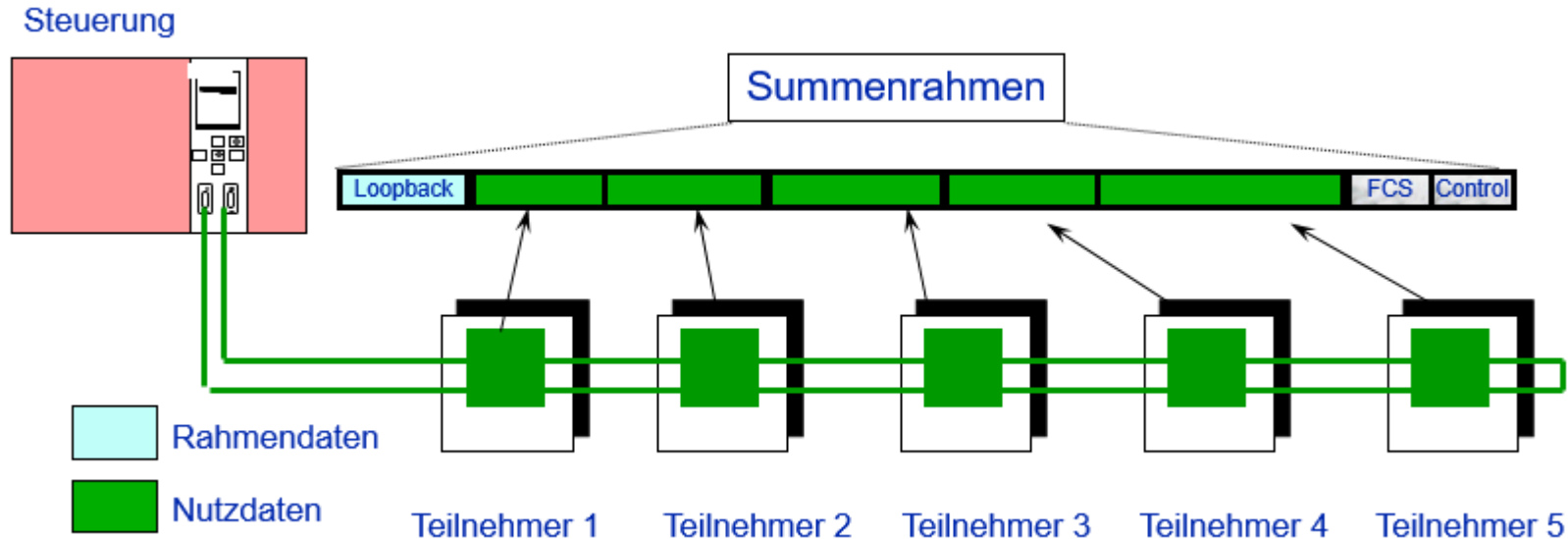
Buszugriffsverfahren

Summenrahmenverfahren



Buszugriffsverfahren

Summenrahmenverfahren



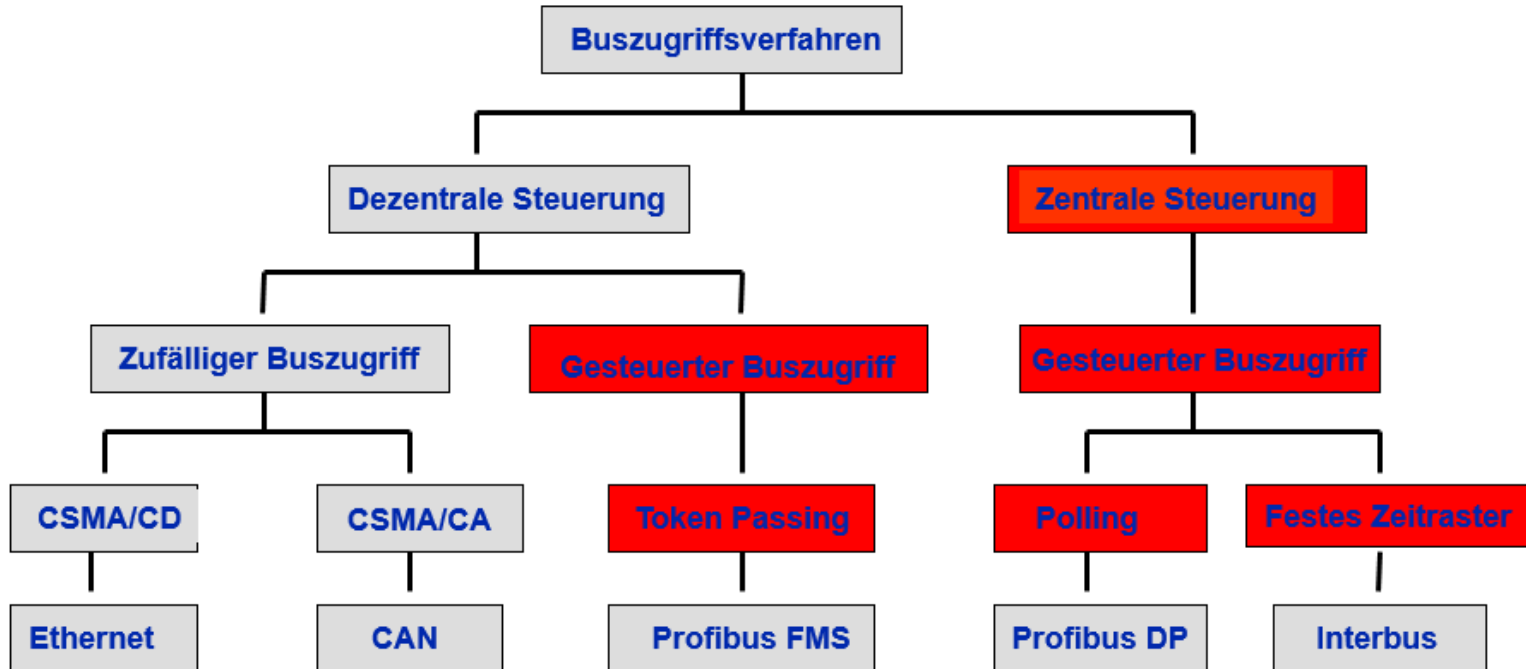
Buszugriffsverfahren

Summenrahmenverfahren

- **Spezielles Master-Slave-Verfahren** (nur Interbus)
 - Ringförmiger Bus
 - Verteiltes Schieberegister
- **Vorteile**
 - Schnell, effizient, wenig Overhead
 - Datenkonsistenz
 - definierte Umlaufzeit (abhängig von Anzahl Teilnehmer)
- **Nachteile**
 - Wenn der Master ausfällt oder der Ring unterbrochen ist, dann steht der gesamte Bus
 - Rekonfiguration, wenn neue Teilnehmer dazukommen
 - Keine Slave-zu-Slave Kommunikation möglich
 - Feste Struktur

Buszugriffsverfahren

Übersicht der Verfahren



Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → MAC

- Es gibt **keinen zentralen Arbiter** mehr !
 - **Buszugriff** erfolgt **dezentral** und **bedarfsorientiert**:
 - Jeder Teilnehmer sendet bei Bedarf
 - Multi-Master-System
 - Dezentraler Aufbau, kein herausgehobener Master
 - CSMA: Carrier Sense Multiple Access
 - Jeder Teilnehmer horcht, ob der Bus frei ist. Dann wird gesendet.
 - Problem: Es kann zu Kollisionen kommen, wenn mehrere Teilnehmer gleichzeitig senden
 - Verschiedene Verfahren mit Kollisionen umzugehen

Buszugriffsverfahren

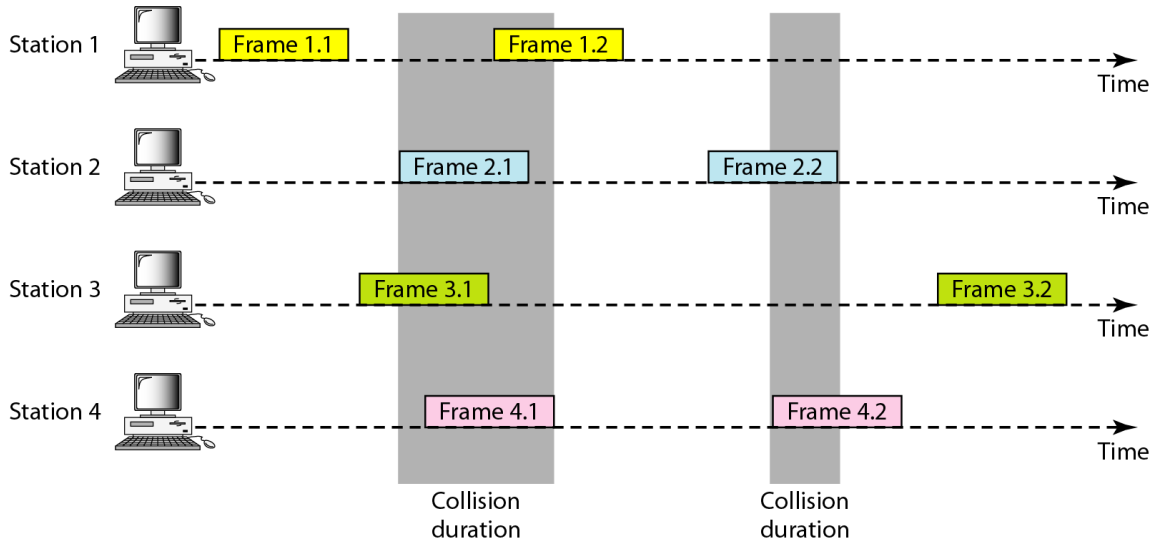
Zufälliger Buszugriff → ALOHA



- Jeder Teilnehmer sendet sobald etwas zu senden vorliegt!
 - → Möglichkeit für **Kollisionen** auf dem Medium!
- Kollisionen werden erkannt über fehlendes ACK!
 - z.B. Time-Out
 - → **Frame muss erneut gesendet werden!**

Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → ALOHA

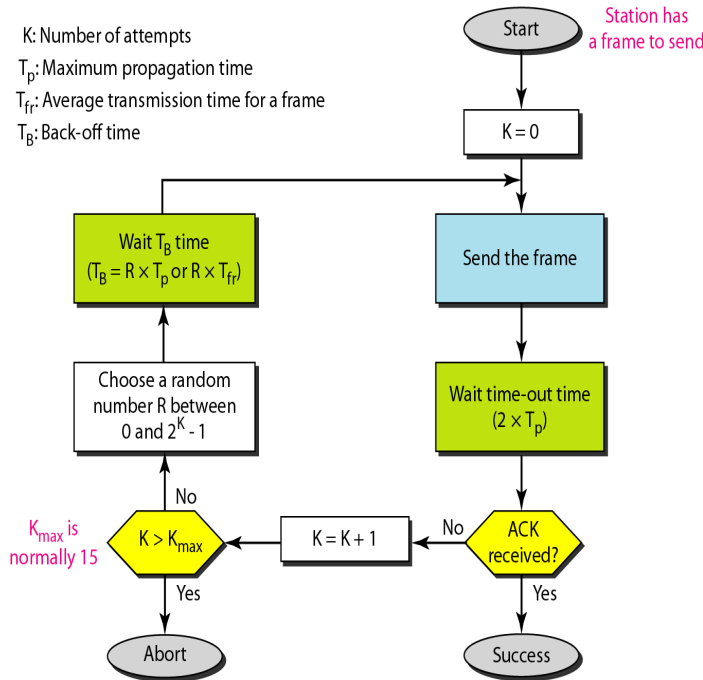


- Jede **Kollision** wird durch das **gleichzeitige senden** von **mindestens zwei Stationen** verursacht. Wenn nun alle beteiligten Stationen **nach Auflösung** der Kollisionen **erneut senden** wollen tritt die **Kollision direkt wieder auf!!!!**
 - → **Wie kann dies gelöst werden?**

Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → ALOHA

K: Number of attempts
 T_p : Maximum propagation time
 T_{fr} : Average transmission time for a frame
 T_B : Back-off time



- Beim ursprünglichen (pure) ALOHA benutzt jede Station eine zufällige Zeit bis erneut gesendet wird (Backoff-Time) !

- Hierbei kann die Backoff-Zeit z.B. in Abhängigkeit der Sendeveruche K wie folgt bestimmt werden:

$$T_b = R \cdot T_p \text{ or } R \cdot T_{fr}$$

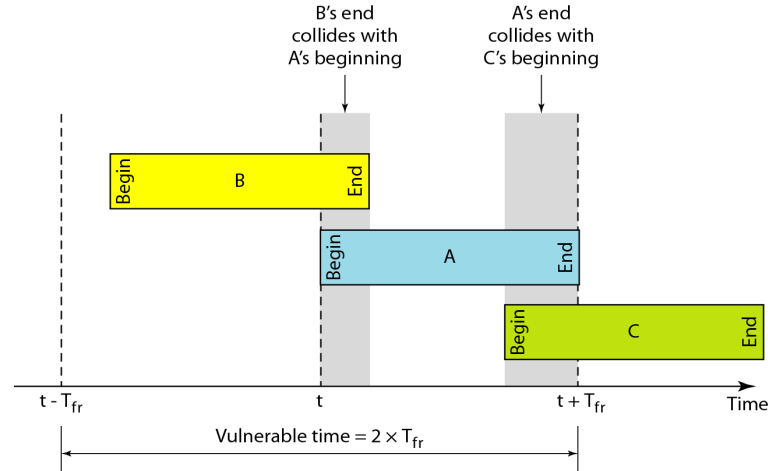
mit $R = 0 \text{ to } 2^K - 1$,

(länger wartende Station erhalten statistisch eine höhere Wahrscheinlichkeit für den Medienzugriff!)

- Ist eine maximale Anzahl an Versuchen verbraucht wird der Sendevorgang abgebrochen !

Buszugriffsverfahren

Nachteil:



- Station A sendet einen Frame zum Zeitpunkt t und Station B sendet einen Frame irgendwo in der Zeit zwischen $t - T_{fr}$ und $t \rightarrow$ KOLLISION!
- Sendet eine Station C eine Nachricht in der Zeit zwischen t und $t + T_{fr} \rightarrow$ Ebenfalls KOLLISION!
 - Keine Station sollte also in der Zeit von $t - T_{fr}$ bis $t + T_{fr}$ senden!!!

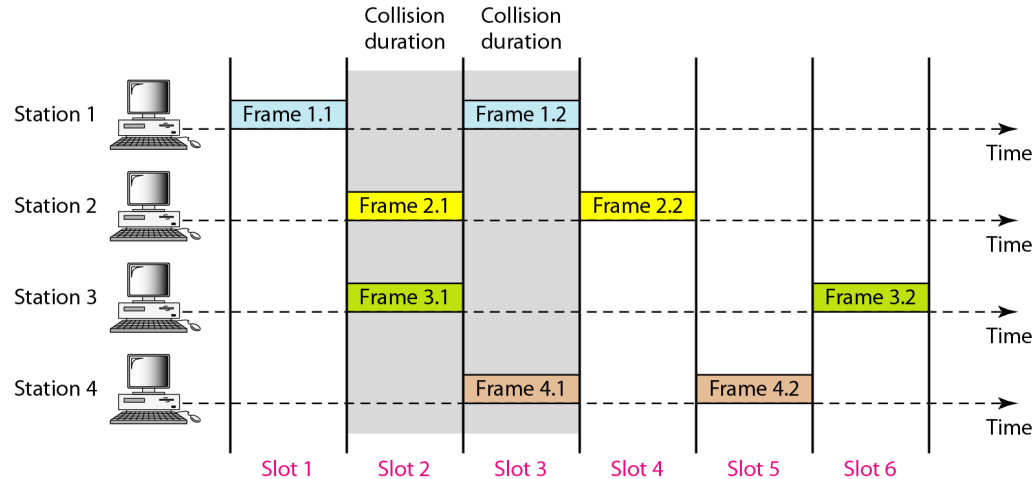
Telegramme sind für eine Zeit von $2 \times T_{fr}$ verwundbar!

**Mit diesem Verfahren lässt sich ein
Durchsatz von nur 18% der maximalen Datenrate erzielen.**

Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → Slotted-ALOHA

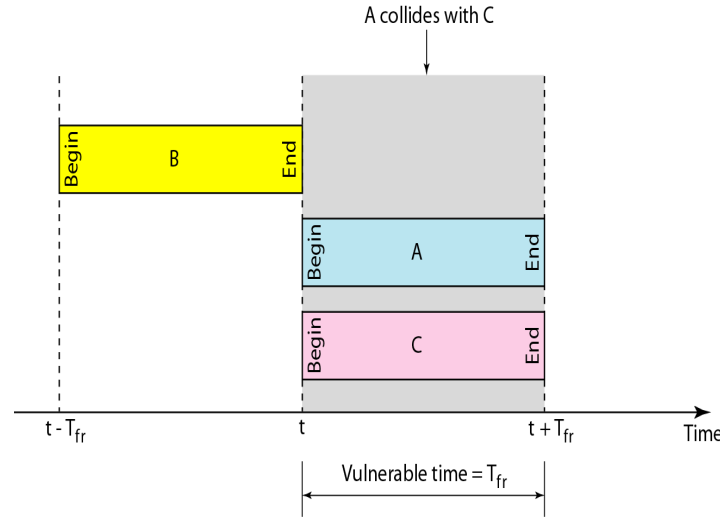
➤ Verbesserung



- Zeit ist aufgeteilt in verschiedene Slots der Länge T_{fr}
- Jede Station darf nur mit dem Sendevorgang beginnen wenn ein neuer Slot beginnt!
→ Kollisionen können nur noch beim Start einer Übertragung auftreten!

Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → Slotted-ALOHA



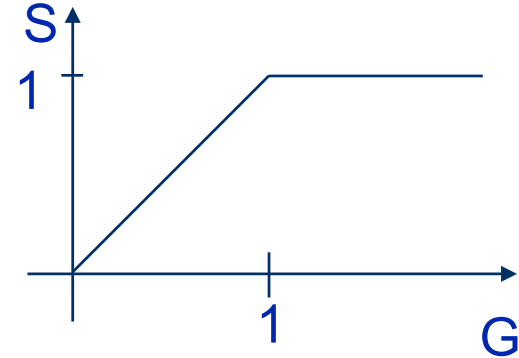
Telegramme sind für eine Zeit von T_{fr} verwundbar!

**Mit diesem Verfahren lässt sich ein
Durchsatz von nur 37% der maximalen Datenrate
erzielen.**

Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → ALOHA

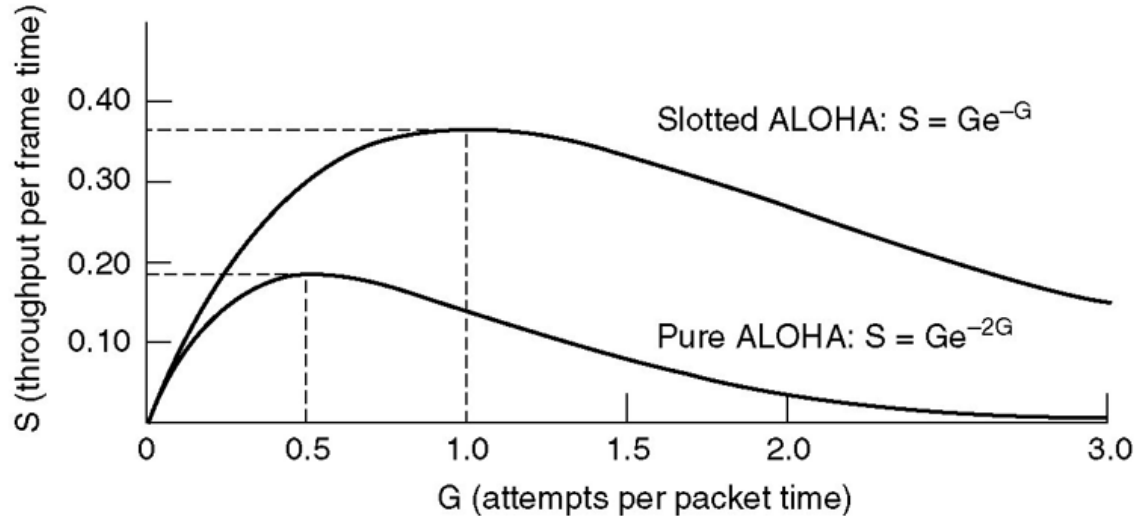
- Vorgegebene Last G
 - Anzahl der Pakete pro Zeiteinheit, welche das Protokoll bearbeiten soll
 - Mehr als ein Paket pro Zeiteinheit: Überlast
- Ideales Protokoll
 - Durchsatz S entspricht vorgegebener Last G solange $G < 1$
 - Durchsatz $S = 1$ sobald $G > 1$



Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → ALOHA

- Für (slotted) ALOHA ist geschlossene Darstellung in Abhängigkeit von G möglich



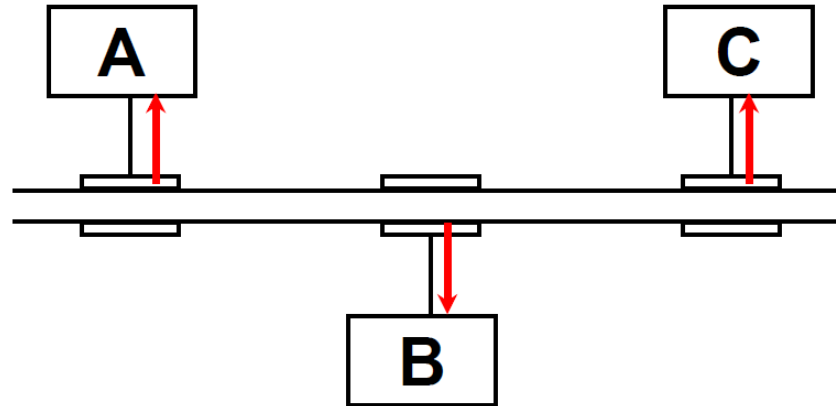
- Kein gutes Protokoll
 - Durchsatz bricht zusammen, wenn die Last zunimmt

Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → CSMA

➤ *Carrier Sense Multiple Access*

- **1.** Jede Station überwacht das Medium (“carrier sensing, listen before talking”). Sicherheitsproblematik: “Jeder hört mit”
- **2.** Ist das Medium belegt, so wird es überwacht, bis es frei ist, und dann wird mit der Übertragung begonnen.

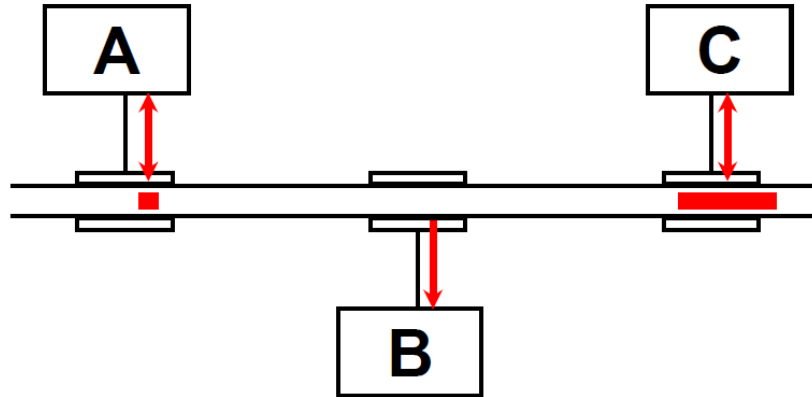


Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → CSMA

➤ *Carrier Sense Multiple Access*

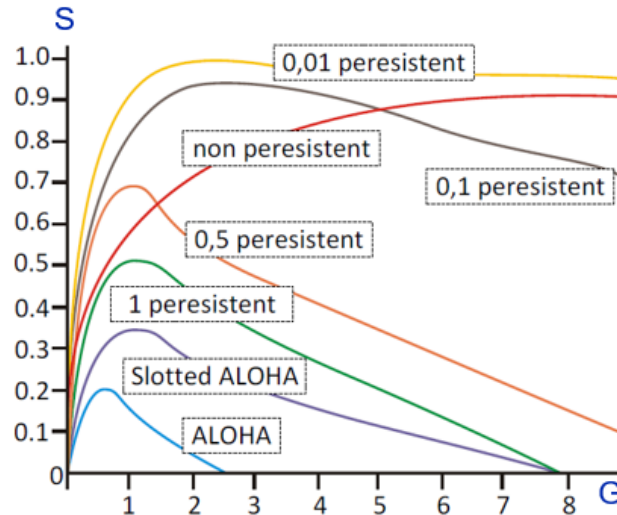
- **3.** Ist das Medium frei, kann mit der Übertragung begonnen werden.



Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → CSMA

Vielfach-Zugriffsverfahren: CSMA ("listen before talk,,)



CSMA/CD – 1 Persistent

Wiederholungsstrategien bei belegtem Medium

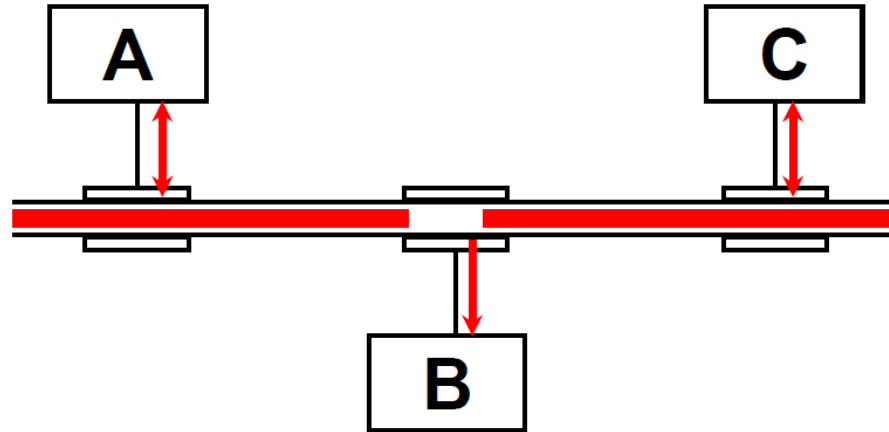
- **non-persistent**
Station wartet zufällig berechnete Zeitspanne ("backoff time") und startet dann neuen Übertragungsversuch.
- **1-persistent**
Station hört Medium ab und startet eigene Übertragung sofort nach Abschluss der laufenden Übertragung (Sendewahrscheinlichkeit = 1)
- **p-persistent ($0 < p < 1$)**
Station hört Medium ab. Nach Ende der laufenden Übertragung sendet sie ihre Daten mit einer vorher festgelegten Wahrscheinlichkeit p oder wartet mit Wahrscheinlichkeit $1 - p$ eine festgelegte Zeitspanne.

Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → CSMA

➤ *Carrier Sense Multiple Access*

- **4.** Während eine oder mehrere Station(en) sendet(n), wird das Medium weiter abgehört (“listen while talking”).

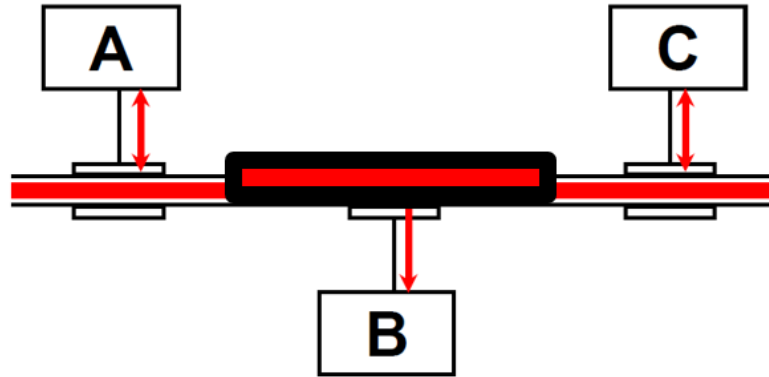


Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → CSMA/CD

➤ *Carrier Sense Multiple Access → Collision Detection*

- Kollisionen werden erkannt

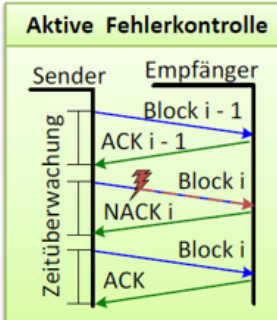
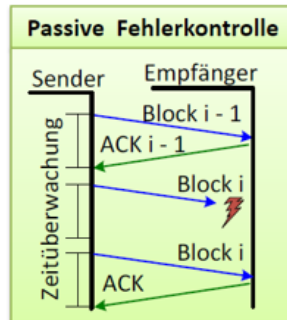
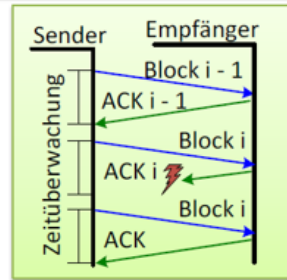


Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → CSMA/CD

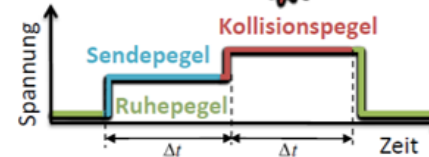
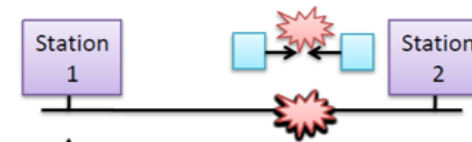
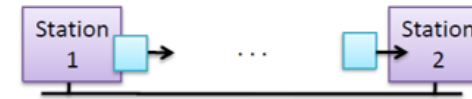
- Wie werden Kollisionen erkannt?

Jeder Block erhält eine Sequenz-nummer.



Bei der Wiederholung des Rahmens wird die Sequenznummer beibehalten.

CSMA/CD – Weiterentwicklung von ALOHA



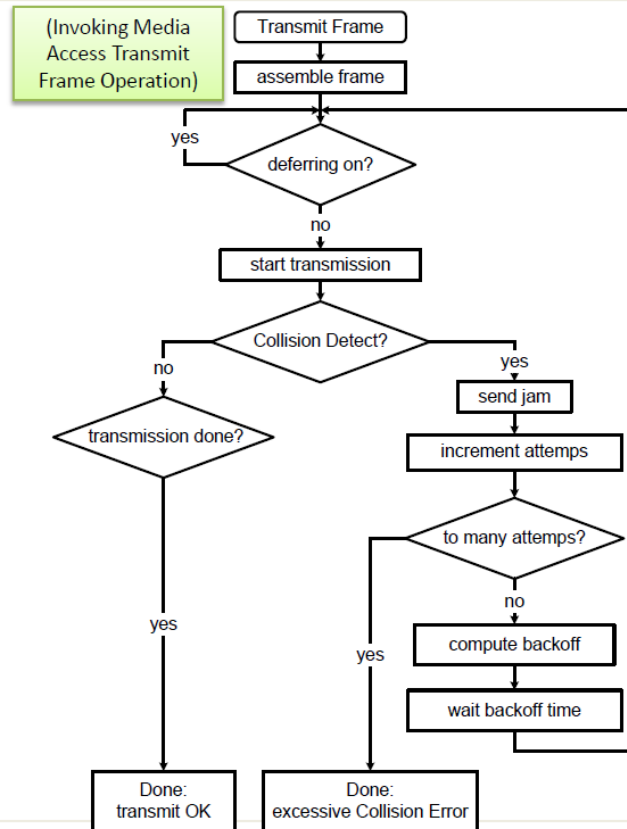
CD – Collision Detection

Kollision ist nach $2x\Delta t$ erkannt

Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → CSMA/CD

➤ Statemachine



Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → CSMA/CD

- **CD: Collision Detection** (Kollisionserkennung)
 - Neues Aufsetzen nach einer zufällig gewählten Zeit
 - Ethernet IEEE 802.3
 - min. Telegrammlänge 72 Bytes (mit 46 Datenbytes)
- **Vorteile**
 - Viele Teilnehmer, die nur bei Bedarf Daten übertragen
 - Neuer Teilnehmer erfordert keine Umkonfiguration
- **Nachteile**
 - Je mehr Telegramme, desto mehr Kollisionen: weniger effizient
 - Nicht echtzeitfähig: Man weiss nicht, wann das Telegramm eintrifft

Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → CSMA/CA

➤ **WARUM NUR KOLLISIONEN ERKENNEN?**

→BESSER KOLLISIONEN VERMEIDEN!!!

CSMA/CA → COLLISION AVOIDANCE

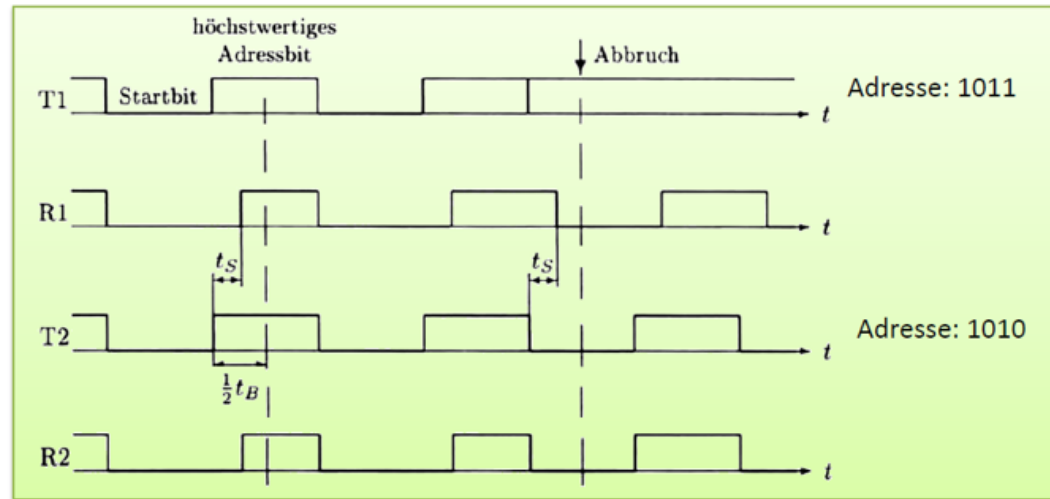
GRUNDPRINZIP: PRIORISIERUNG!!!

z.B. auf Basis der Adresse!

Buszugriffsverfahren

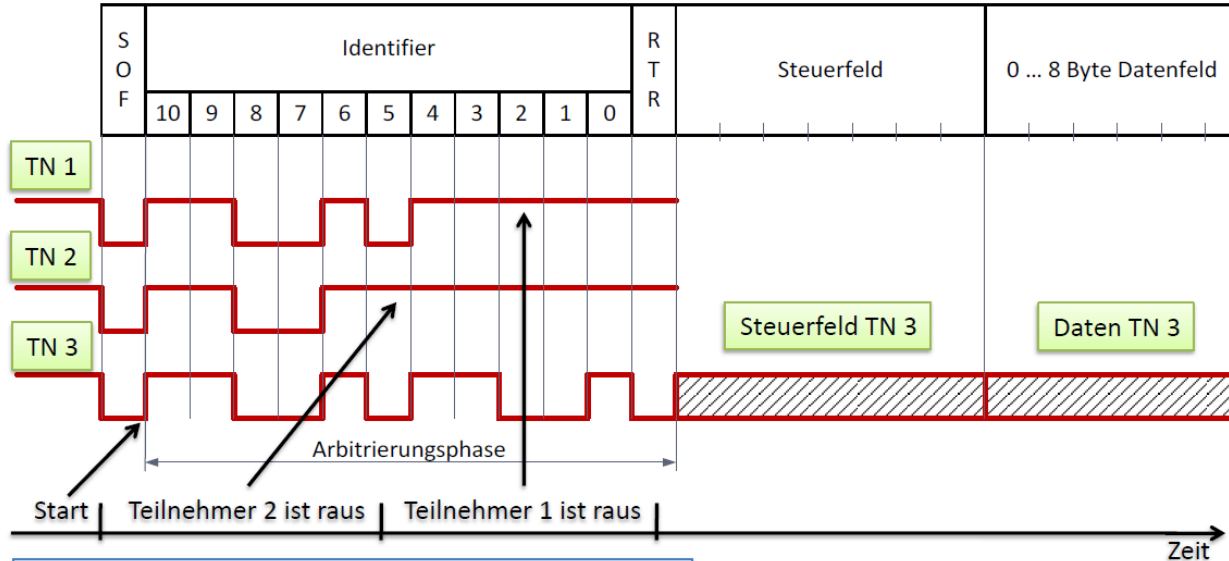
Zufälliger Buszugriff → CSMA/CA

- Zustand binär 0 ist dominant (phys. Ankopplung RS 485) bei Kollision
- Adresse wirkt wie eine Priorität (kleinste Adresse)
- Eingesetzt beim CAN-Bus
- Ein Telegramm kommt immer durch -> keine Ausfallzeit
- Funktioniert nur, wenn Bits quasi zeitgleich auf dem Bus liegen (t_B)



Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → CSMA/CA (Beispiel CAN-Bus)



Vier Telegrammformen als Nachrichtenformate:

- Datentelegramm (Data Frame)
- Datenanforderungstelegramm (Remote Frame)
- Fehlertelegramme (Error Frame)
- Überlasttelegramm (Overload Frame)

Extended Format hat 29 Bit-Identifier

Etschberger, 2000

Buszugriffsverfahren

Zufälliger Buszugriff → CSMA/CA

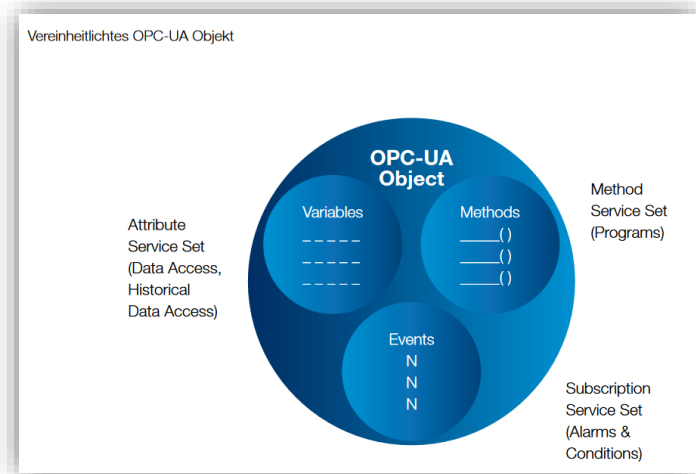
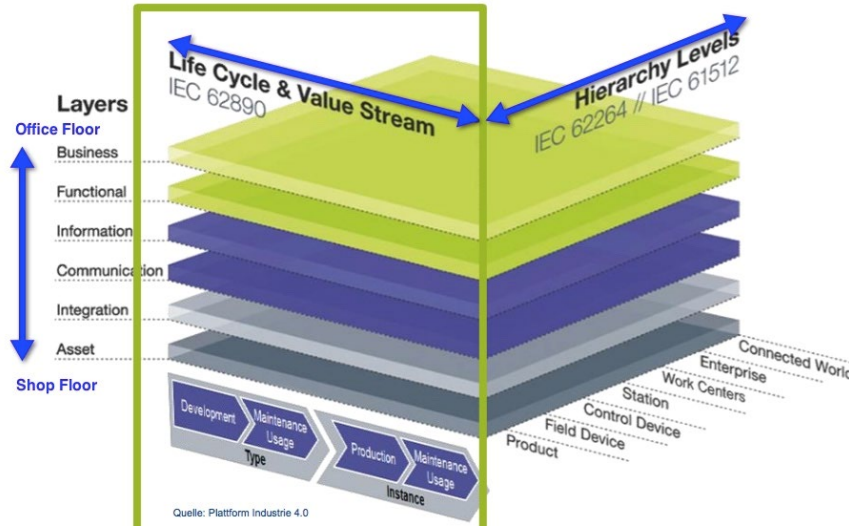
- **CA: Collision Avoidance** (Kollisionsvermeidung)
 - Nach dem Startbit wird eine Reihe von Adressbits gesendet
 - Eine dominante „0“ setzt sich durch (hat eine höhere Priorität)
 - „Verlierer“ bricht Übertragung ab, „Gewinner“ kann senden
 - „Verlierer“ versucht es später wieder
- **Vorteile**
 - Viele Teilnehmer, die nur bei Bedarf Daten übertragen
 - Neuer Teilnehmer erfordert keine Umkonfiguration
 - Konsistenz der Daten ist gewährleistet
 - Echtzeitfähig und hoch effizient
- **Nachteile**
 - Übertragungsrate oder Länge begrenzt

Ausblick

Ethernet

OPC-UA

MQTT



UbiComp – Teil 7: Netzwerktechnik und industrielle Kommunikation IV

Fragen?

Prof. Dr.-Ing. Dorothea Schwung